

10. Koffi-Nevry, R. Assessment of the antifungal activities of poly-hexamethylene-guanidine hydrochloride (PHMGH)-based disinfectant against fungi isolated from papaya (*Carica papaya* L.) fruit [Text] / R. Koffi-Nevry, A. Manizan., K. Tano at al. // African Journal of Microbiology Research. — 2011. — Vol. 5(24). — P. 4162–4169.

#### БИОЦИДНОЕ ДЕЙСТВИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ПОЛИГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИДИНА

Проведено определение антимикробного действия новых дезинфицирующих средств на основе солей полигексаметиленгуанидина (ПГМГ) в комбинациях с перекисью водорода и персульфатом аммония к тест — культурам микроорганизмов различных групп (*Escherichia coli* ИЭМ-1, *Bacillus subtilis* BT-2,

*Staphylococcus aureus* БМС-1, *Candida albicans* D-6, *Aspergillus niger* P-3).

**Ключевые слова:** полигексаметиленгуанидин, дезинфектант, микроорганизм, комбинированный биоцид, антимикробное действие.

*Грегирчак Наталя Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра біотехнології і мікробіології, Національний університет харчових технологій, Україна, e-mail: G\_natal@ukr.net.*

*Грегирчак Наталья Николаевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра биотехнологии и микробиологии, Национальный университет пищевых технологий, Украина.*

*Gregirchak Nataliya, National University of Food Technologies, Ukraine, e-mail: G\_natal@ukr.net*

УДК 504.7.064.3:614(083,74)

Комариста Б. М.

## ЕКОЛОГІЧНА СКЛАДОВА В ОЦІНЦІ ЖИТТЕВОГО ЦИКЛУ ПРОДУКЦІЇ

*Проаналізовані методи екологічної оцінки продукції. Викладені основні етапи оцінки продукції за життєвим циклом. Запропоновано підхід до оцінки впливу життєвого циклу продукційної системи. Розроблено алгоритм індексної оцінки життєвого циклу продукту на основі унітарного індексу впливу на навколишнє середовище.*

**Ключові слова:** оцінка життєвого циклу, індексна оцінка, екологічна оцінка продукту, екологічний вплив.

### 1. Вступ

В даний час в усьому світі впроваджується концепція екологічної оцінки та раціонального вибору матеріалу для виробництва тієї чи іншої продукції з точки зору екологічної безпеки для навколишнього середовища і для людини [1]. Вводяться нові поняття — екологічна оцінка, життєвий цикл продукту, класифікація матеріалів згідно з вимогами щодо захисту навколишнього середовища, екологічно доцільний вибір матеріалів та ін. [2].

Щоб зменшити негативний вплив продукції на навколишнє середовище, необхідна її екологічна оцінка, що дозволяє реєструвати і характеризувати різні екологічні аспекти продукції та оптимізувати її [3]. Оскільки протягом свого життєвого циклу будь-яка продукція неодноразово робить внесок у забруднення навколишнього середовища, перш за все, при виробництві, використанні та утилізації, оцінка продукції повинна враховувати екологічні впливи на всіх стадіях життєвого циклу [4].

### 2. Основи екологічної оцінки матеріалів за «життєвим циклом»

Підходи до екологічної оцінки продукту згідно стандартів ISO-14000 можуть бути різними, але обов'язково аналізуються пов'язані з ними навантаження на довкілля за життєвим циклом продукту [5]. Це дозволяє вирішити екологічні завдання — скоротити кількість відходів і сприяти ресурсозбереженню [6].

Оцінка екологічних ефектів взаємодії продукту з навколишнім середовищем базується на комплексі

незалежних методів: метод порівняльного аналізу (експертний аналіз, метод міркувань); системний аналіз (метод «чорного ящика»); метод графів (орієнтовані графи для вирішення багатокомпонентних еколого-економічних завдань); кваліметричний метод (для оцінки інтегральної якості матеріалу).

### 3. Оцінка впливу продукту на навколишнє середовище

Нами запропонований індексний метод щодо оцінки екологічного впливу продукту на навколишнє середовище протягом його життєвого циклу [7–8]. Індексний метод передбачає отримання безрозмірних оцінок у вигляді показників за спрощеними математичними залежностями для зручності подальшого впровадження та використання цих оцінок відповідними регулюючими органами та донесення інформації щодо продукту до споживача [9–10].

Оцінка екологічного впливу виконується за допомогою унітарного індексу впливу життєвого циклу продукту на навколишнє середовище. В свою чергу даний показник складається з чотирьох унітарних індексних показників.

**3.1. Унітарний індекс забруднення поверхневих вод.** Унітарного індексу викидів в поверхневі води розраховується за формулою:

$$I_{EMI_w} = \exp(-\exp(1,135 - 3,293 \times 10^{-1} \times J_{EMI_w})), \quad (1)$$

де  $J_{EMI_w}$  — індекс викидів в поверхневі води.

$$J_{EMI_w} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{E_{WTR_i}}{GDS_i} \right) + \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} \left( \frac{T_{WSW_j}}{T_{AWB_j}} \right), \quad (2)$$

$$E_{WTR_i} = (V_{MNF} + V_{HSH} - V_{LSS}) \times C_i, \quad (3)$$

$$T_{AWB_j} = T_{PND_j} + 3^\circ\text{C}, \quad (4)$$

де  $E_{WTR_i}$  — кількість  $i$ -ї небезпечної речовини, т/рік;  $V_{MNF}$  — об'єм водокористування для виробничих потреб, м<sup>3</sup>/рік;  $V_{HSH}$  — об'єм водо-споживання для господарсько-побутових потреб, м<sup>3</sup>/рік;  $V_{LSS}$  — об'єм безповоротного споживання води, м<sup>3</sup>/рік;  $C_i$  — середньорічна концентрація  $i$ -ї речовини у стоку, т/м<sup>3</sup>;  $GDS_i$  — максимальна маса  $i$ -го забруднювача, що дозволена до надходження у водному об'єкті, т/рік;  $n$  — кількість забруднювачів у стічних водах;  $T_{WSW_j}$  — фактична середньомісячна температура стоків за  $j$ -й місяць року, °C;  $T_{AWB_j}$  — допустима середньомісячна температура стоків за  $j$ -й місяць року, °C;  $T_{PND_j}$  — середньомісячна температура води у водоймищі за  $j$ -й місяць року, °C.

**3.2. Унітарний індекс забруднення атмосфери.** Викиди в атмосферу оцінюються за допомогою наступного унітарного індексу:

$$I_{EMI_a} = \exp(-\exp(5,748 \times 10^{-1} - 3,952 \times 10^{-2} \times J_{EMI_a})), \quad (5)$$

де  $J_{EMI_a}$  — індекс викидів в атмосферу.

$$J_{EMI_a} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{E_{ATM_i}}{GDV_i} \times \sum_{j=1}^m IZA_j}, \quad (6)$$

де  $E_{ATM_i}$  — кількість  $i$ -ї небезпечної речовини, кг/доба;  $GDV_i$  — дозволений обсяг (кількість)  $i$ -ї небезпечної речовини, кг/доба;  $n$  — кількість забруднювачів, що надходить в атмосферу;  $IZA_j$  — парціальний індекс забрудненості, відображає ступінь забрудненості атмосфери  $j$ -ю речовиною;  $m$  — кількість забруднювачів.

$$IZA_j = (C_j / GDK_j)^{k_j}, \quad (7)$$

де  $C_j$  — середня концентрація  $j$ -ї забруднюючої речовини;  $GDK_j$  — середньодобова гранично допустима концентрація  $j$ -ї забруднюючої речовини;  $k_j$  — безрозмірна константа приведення ступеня шкідливості речовини до шкідливості сірчистого газу.

**3.3. Унітарний індекс забруднення ґрунтів.** Забруднення ґрунтів оцінюємо з використанням унітарного індексу забруднення ґрунтів:

$$I_{EMI_s} = \exp(-\exp(6,956 \times 10^{-1} - 2,196 \times 10^{-2} \times J_{EMI_s})), \quad (8)$$

де  $J_{EMI_s}$  — індекс забруднення ґрунтів.

$$J_{EMI_s} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{GDK_i}, \quad (9)$$

де  $C_i$  — фактична концентрація  $i$ -го хімічного компонента в ґрунті;  $GDK_i$  — гранично допустима концентрація  $i$ -ого хімічного компоненту в ґрунті;  $n$  — кількість забруднювачів.

**3.4. Унітарний індекс утворення відходів.** Відходи, які утворюються під час виробництва одиниці продукції, а також сам продукт після завершення строку експлуа-

тації, можуть використовуватись у якості вторинної сировини або утилізуватись.

Відходи за одиницю часу на одиницю продукту оцінюються з використанням коефіцієнту утворення відходів:

$$k_{WST} = \frac{\sum_{i=1}^n M_{WST_i}}{m_{PRD} \times k}, \quad (10)$$

де  $M_{WST_i}$  — маса  $i$ -го виду відходів, які утворюються при виробництві продукту за одиницю часу, кг;  $m_{PRD}$  — маса одиниці продукції, кг;  $k$  — кількість одиниць продукту, які виготовляються за одиницю часу;  $n$  — кількість видів відходів.

$$J_{WST} = \frac{2 + k_{RCL}}{1 + 2 \times k_{RCL}} \times (2 \times k_{RCL} \times k_{DSP} + 0,5 \times k_{WST} \times (1 - k_{DSP})), \quad (11)$$

де  $J_{WST}$  — індекс утворення відходів;  $k_{WST}$  — коефіцієнт утворення відходів;  $k_{RCL}$  — коефіцієнт вторинної переробки, доля продукту, яка підлягає вторинній переробці, використанню в якості вторинної сировини;  $k_{DSP}$  — коефіцієнт захоронення, доля відходів, яка підлягає захороненню.

Оцінка ступені утворення відходів під час життєвого циклу продукту оцінюється за допомогою унітарного індексу утворення відходів:

$$I_{WST} = \exp(-\exp(6,077 \times 10^{-1} - 2,635 \times 10^{-1} \times J_{WST})), \quad (12)$$

**3.5. Унітарний індекс впливу на навколишнє середовище.** Вплив продукту протягом його життєвого циклу на навколишнє природне середовище оцінюємо за наступною залежністю:

$$I_{ENV} = \sqrt[6]{I_{EMI_a} \times I_{EMI_w} \times I_{EMI_s} \times I_{WST}}, \quad (13)$$

де  $I_{ENV}$  — унітарний індекс впливу на навколишнє середовище продукту,  $0 \leq I_{ENV} \leq 1$ . Чим ближче значення  $I_{ENV}$  до 1, тим більше шкоди спричиняє виготовлення одиниці продукції навколишньому середовищу.

## 4. Висновки

Оцінка життєвого циклу продукції має бути невід'ємною складовою для оцінки доцільності як при проектуванні нового виду продукції, так і для оцінки екологічної ефективності існуючих видів продукції з метою вибору найбільш екологічно дружнього продукту та оптимізації стадій його життєвого циклу. В подальшому це має привести до обов'язкового екологічного маркування всіх видів продукції. Проведення оцінки життєвого циклу продукції дозволить більш гнучко керувати впливами кожного окремого виду продукту на навколишнє середовище, дасть змогу комплексно оцінювати вплив продукту протягом усього його життєвого циклу.

## Література

1. ДСТУ ISO 14040:2004. Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (ISO 14040:1997, IDT) [Текст] : Національний стандарт України / В. Лозанський. — Офіц. вид. — К.: Держспоживстандарт України, 2005. — IV, 10 с.

2. ISO/TR 14047:2012. Environmental management – Lifecycle assessment – Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations [Electron resource]. – Available at: \www/URL: <http://www.iso.org>.
3. Schaltegger, S. Economics of Life Cycle Assessment: Inefficiency of the present approach [Text] / S. Schaltegger // Business Strategy and the Environment. 1997. – Vol. 6. – P. 1–8.
4. Sjunnesson, J. Life Cycle Assessment of Concrete [Electron resource] : master thesis / J. Sjunnesson. – Sweden, 2005. – Available at: \www/URL: <http://www.cementenbeton.nl>.
5. Статюха, Г. А. Проблемы построения метрик устойчивого развития для системного применения в оценивании взаимодействия общества с окружающей средой [Текст] / Г. А. Статюха, И. Н. Джигирей, Б. Н. Комариста // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – № 6/4(36). – С. 19–26.
6. Бойко, Т. В. Оцінка екологічного аспекту сталого розвитку промислових об'єктів [Текст] : збірник наук. статей III-ї міжнар. наук.-практ. конф. / Т. В. Бойко, Б. М. Комариста, В. І. Бендюг // Комп'ютерне моделювання в хімії, технологіях і системах сталого розвитку. – Київ-Рубіжне: НТУУ «КПІ», 2012. – С. 238–240.
7. Бойко, Т. В. Оценка экологической опасности проектируемого промышленного объекта [Текст] : сб. трудов XXV Междунар. науч. конф.: В10 т. Т. 2. Секция 3, 4 / Т. В. Бойко, В. И. Бендюг, Б. Н. Комариста // Математические методы в технике и технологиях ММТТ-25. – Волгоград: Волгогр. гос. техн. у-нт, 2012; Харьков: Национ. техн. у-нт «ХПИ», 2012. – С. 106–108.
8. Статюха, Г. О. Зведена методика оцінювання шкідливого впливу продукції на довкілля [Текст] / Г. О. Статюха, І. М. Джигирей, Б. М. Комариста // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – № 1/6(37). – С. 8–20.
9. Бойко, Т. В. Оцінка ризику промислового підприємства на стадії проектування в рамках стратегії сталого розвитку [Текст] / Т. В. Бойко, В. І. Бендюг, Б. М. Комариста // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – Т. 2, № 14(56). – С. 13–17.
10. Комариста, Б. М. Оцінка екологічної сталості життєвого циклу продукційних систем [Текст] / Б. М. Комариста // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2012. – Т. 6, № 1(8). – С. 47–48.

#### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В ОЦЕНКЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКЦИИ

Проанализированы методы экологической оценки продукции. Изложены основные этапы оценки продукции по жизненному циклу. Предложен подход к оценке влияния жизненного цикла продукционной системы. Разработан алгоритм индексной оценки жизненного цикла продукта на основе унитарного индекса воздействия на окружающую среду.

**Ключевые слова:** оценка жизненного цикла, индексная оценка, экологическая оценка продукта, экологическое воздействие.

*Комариста Богдана Миколаївна, асистент, кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «КПІ», Україна, e-mail: [angel2nika@gmail.com](mailto:angel2nika@gmail.com).*

*Комаристая Богдана Николаевна, ассистент, кафедра кибернетики химико-технологических процессов, Национальный технический университет Украины «КПИ», Украина.*

*Komarysta Bohdana, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: [angel2nika@gmail.com](mailto:angel2nika@gmail.com)*

УДК 621.793

Цыганкова О. В.

## ПРЕЦИЗИОННОЕ РАФИНИРОВАНИЕ МЕДИ ИЗ ЛОМА И ОТХОДОВ

С применением методов физико-химического анализа рассмотрена модель прецизионного рафинирования меди из вторичного сырья. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований прецизионного огневого рафинирования меди из вторичного сырья с применением фосфида меди  $\text{Cu}_3\text{P}$ . Установлено, что протекание реакций перевода остаточных примесей в шлак обеспечивается на первом этапе образованием окислителя  $\text{P}_2\text{O}_5$  с последующим, на втором этапе, образованием фосфатов примесей свинца, цинка и олова.

**Ключевые слова:** расплав, огневое рафинирование, примеси, фосфид меди.

### 1. Введение

Использование цветных металлов является определяющим во многих отраслях промышленности, поэтому технологические процессы их получения должны быть тщательно отработаны. Обоснованием этого может служить хотя бы то очевидное обстоятельство, что данные процессы ресурсо- и энергозатратны, а также сложны вследствие сложных физико-химических механизмов, их обуславливающих [1–3]. В последние годы наблюдается тенденция к расширению традиционных областей применения меди, особенно возросло потребление меди в строительной промышленности [4]. В настоящее время медь активно используют для производства трубопроводов для холодной и горячей воды, трубопроводов для транспортировки бытового газа [5].

Не малую роль в наращивании общего мирового объема производства меди составляет переработка медного лома и отходов (медь из вторичного сырья), о чем свидетельствует рост цен на медь на Лондонской бирже металлов [6–10].

По данным работ [9–10] производство меди из вторичного сырья в 2012 году занимало долю ~33 % в мировом производстве рафинированной меди. По оценке авторов [11] на Украине фонд меди, находящейся в транспортных средствах железнодорожного, автомобильного, водного и воздушного транспорта, составляет около 244 тыс. т. Таким образом, можно сделать вывод, что переработка меди из вторичного сырья вносит значительный вклад в общий объем производства чистой меди для нужд промышленности. Этим обосновывается актуальность проведения данных исследований.